水禽智能化养殖研究现状及发展趋势

刘又夫[1]，肖德琴[1*]，周家鑫[1]，卞智逸[1]，招胜秋[1]，黄一桂[1]，王文策[2]

（1. 华南农业大学 数学与信息学院，广东广州 510642；2. 华南农业大学 动物科学学院，广东广州 510642）

摘　要：水禽养殖在向规模化、标准化与智能化方向迅速发展。智能养殖装备和信息化技术的研究与应用是促进水禽养殖业健康持续发展的关键，对提高水禽养殖的产出效率、降低生产过程对劳动力的依赖、契合绿色环保的发展理念以及实现高质量转型发展具有重要意义。本文重点介绍了智能化水禽棚舍的发展、水禽棚舍环境智能调控技术，以及智能化水禽饲喂、饮水、加药消杀和自动粪污处理等智能化设备的最新研究进展。此外，还介绍了可应用于水禽的信息采集技术现状，包括视觉成像系统、声音捕获系统和穿戴式传感器，以及智能管理技术的最新应用进展。最后指出了水禽产业的智能化养殖所面临的困难，并对未来水禽的智能化养殖的发展和改进提出了建议。

关键词：智慧养殖；水禽养殖；智能装备；信息采集技术；智能管控技术；视觉成像；穿戴式传感器

中图分类号：S817.3　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**SA202205007

引用格式：刘又夫, 肖德琴, 周家鑫, 卞智逸, 招胜秋, 黄一桂, 王文策. 水禽智能化养殖研究现状及发展趋势[J]. 智慧农业(中英文), 2023, 5(1): 99-110.

LIU Youfu, XIAO Deqin, ZHOU Jiaxin, BIAN Zhiyi, ZHAO Shengqiu, HUANG Yigui, WANG Wence. Status quo of waterfowl intelligent farming research review and development trend analysis[J]. Smart Agriculture, 2023, 5(1): 99-110.

1　引　言

水禽是以在水面生活为主的禽类。非洲猪瘟的流行使得作为猪肉替代品的水禽需求激增[1]。21世纪以来，水禽产业的供应、生产以及技术体系都为促进水禽产业发展和攻破技术瓶颈奠定了的基础。中国是世界水禽第一生产大国，饲养量占世界总量的75%以上，2021年水禽业总产值已超过1800亿元[2]，并持续呈稳中向上的趋势[3]，成为中国家禽产业的重要组成部分。

过去水禽养殖主要为一家一户和分散经营饲养的传统养殖模式，以水塘开放式或半开放放养的养殖方法为主，集约化和智能化程度低，对生态水体及地面生态污染严重，加重了动物疫病爆发的风险。水禽智能化养殖是指以智能装备、物联网、互联网、大数据和人工智能技术为核心要素，通过物联网及智能感知技术采集水禽的生理生长和环境信息，使用互联网进行数据传输，然后利用大数据技术对各类数据进行分析，最终采用人工智能技术进行决策和控制，实现水禽养殖信息全面感知、环境精准调控、精准饲喂、自动清粪与智能监管等功能[4]。近年来，水禽智能养殖技术不断深入至水禽养殖链中的各个环节。智能环境调控、智能饮水饲喂、智能消杀、自动粪污处理及智能化系统平台所形成的智能化技术体系，成为水禽养殖智能化的关键技术手段[5]。

本文以国内的水禽智能装备研究现状为主，国外研究情况为辅，以鸭与鹅两类水禽为主要讨论对象，以水禽养殖的智能化自动化趋势为背景，从水禽棚舍、环境智能调控、智能饲喂与饮水装备、智

收稿日期：2022-05-20

基金项目：国家现代农业产业技术体系建设专项（CARS-42-13）

作者简介：刘又夫，博士研究生，研究方向为计算机视觉和水禽设备智能化。E-mail：lyf0313@126.com

*通信作者：肖德琴，博士，教授，研究方向为物联网、农业图像视频处理。E-mail：deqinx@scau.edu.cn

能加药和消毒设备以及自动清粪设备五大方面对水禽养殖智能装备进行介绍，从信息技术采集和智能管理技术两方面分析技术现状，并分析了智能化水禽养殖面临的困难与发展趋势，为从事水禽智能化研究的同行和养殖一线的生产管理人员提供借鉴。

2　水禽智能化养殖装备

规模化多层笼养为现代集约化水禽开辟出了新道路，为设计适合中国国情的规模化水禽养殖提供了参考依据。在集约化水禽养殖场中，劳动力强度最大的作业是饲喂与清粪，其次是饮水、环控以及消杀。智能装备与环控可有效解决水禽养殖场对人工的依赖、提高劳动效率、降低粪污处理难度，以及减少饲喂的劳动强度与浪费，并通过智能化感知和监测水禽状态，对水禽的养殖环节进行精准管控，从而提升管控效率并节省成本，促进水禽养殖的智能化与自动化的方向发展。

目前，水禽智能化养殖装备主要有智能化水禽棚舍、环境智能调控系统、智能饲喂设备、智能饮水设备、智能加药和消毒设备，以及自动粪污处理设备。

2.1　智能化水禽棚舍

智能化水禽棚舍是一种针对水禽习性，具有自动化养殖和管控功能的智能构筑物，可达到少量养殖管理人员协助或者无人化养殖的目标。如图1为农业农村部华南热带智慧农业技术重点实验室改造的智慧水禽棚舍示范点。该棚舍通过安装轨道式巡检机器人，监测和获取水禽的生理生长信息，并集成人工智能算法，为水禽棚舍的智能化改造提供了技术参考。图2为德国的移动式家禽养殖舍，该养殖舍使用移动式的房车，使家禽的养殖更接近原生态。房车内部可实现温湿度的自动调节、自动饲喂和自动清粪等功能。

中国水禽养殖棚舍也经历了从小型开放棚舍、连排式开放棚舍、低架式棚舍、旱地式棚舍、网床架式棚舍、发酵床式棚舍、全封闭大棚和高层笼架式棚舍等模式，呈“越来越高”的趋势，如图3所示。高层笼式棚舍可进一步利用棚舍竖直方向的空间[6]，有利于粪便的集中处理，符合绿色发展的理念，可促成传统养殖行业的转型[7]，符合未来的发展趋势[3]。但目前棚舍普遍存在机械化发展程度较低的问题，导致大部分水禽养殖仍以纯人工的方式进行，水禽棚舍的智能化技术发展较慢。智能化设备与养殖技术可进一步提升高层笼式棚舍的优势，形成经济、高效、环保的水禽养殖模式。



图1　智能水禽棚舍

Fig. 1 Smart waterfowl house



图2　德国移动式家禽养殖舍

Fig. 2 German mobile poultry house

2.2　棚舍环境智能调控

良好的水禽棚舍环境（如通过空气温湿度、二氧化碳浓度、硫化氢浓度以及氨气浓度等评价环境），对于水禽的生理、生长与生产都至关重要。集约化棚舍易积蓄有害气体、悬浮颗粒以及气溶胶微生物等[8,9]，若不及时调节空气，则会导致棚舍内的高温热应激以及传播疾病[10]。因此，水禽棚舍的通风系统优化设计与温度调控系统是关键。图4为笼架式棚舍传感器与调节设备布置的参考方案[11]。通过把温湿度传感器布置在不同层高和不同区域，以获取全方位禽舍内部的环境信息进行调控。

目前水禽养殖监控基本处于人工或半机械化状态，无法有效地兼顾所有环境因子之间的联系进行环境调控[12]。近些年来，随着科技的发展，通过

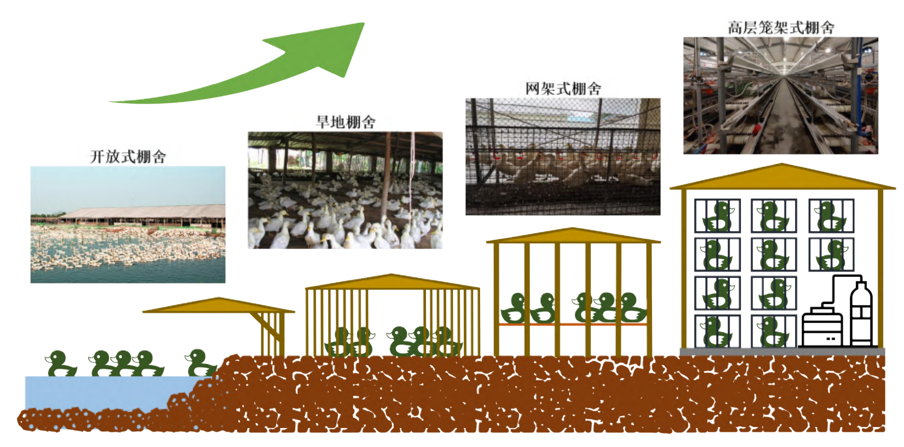


图3 不同类型水禽棚舍

Fig. 3 Different types of waterfowl house

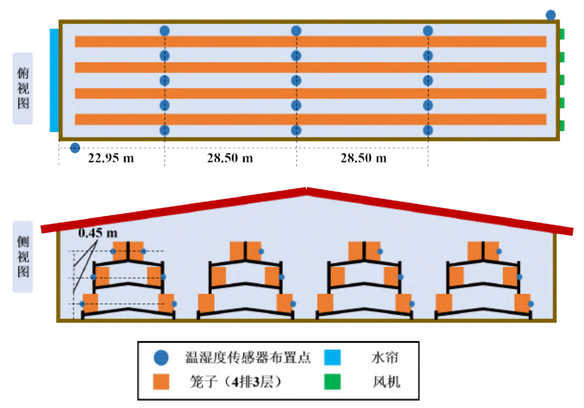


图4 笼架式棚舍传感器与调节设备布置方案

Fig. 4 Layout plan of sensors and adjustment equipment in cage-type shed

自动化技术、物联网技术和互联网技术等设计智能化水禽棚舍也逐渐发展开来。智能化的水禽养殖环境调控是通过各类传感器、控制柜、服务器、电脑、网页和手机App端等协同实现的物联网技术。在分析多源传感数据信息的基础上，调控水禽舍设备，水禽舍环境智能调控流程如图5所示。

当前水禽的棚舍中存在人工或低自动化程度的环境信息采集和环境调控的模式。Pereira等[13]采用物联网的方式，使用多个低成本模块化设备采集环境信息，结果显示模块化设备所采集的环境信息与校准设备高度相关。应诗家等[14]在设计新型网床式养殖鸭舍时，通过鸭棚两侧的卷帘控制通风，同时装配有湿帘来降低温度。上述研究未对调控方法上进行进一步的智能化，缺乏实时性。郭彬彬等[15]利用人工神经网络代替人工控制鹅舍内的环控设备，实现智能化控制，减少了鹅夏季热应激和

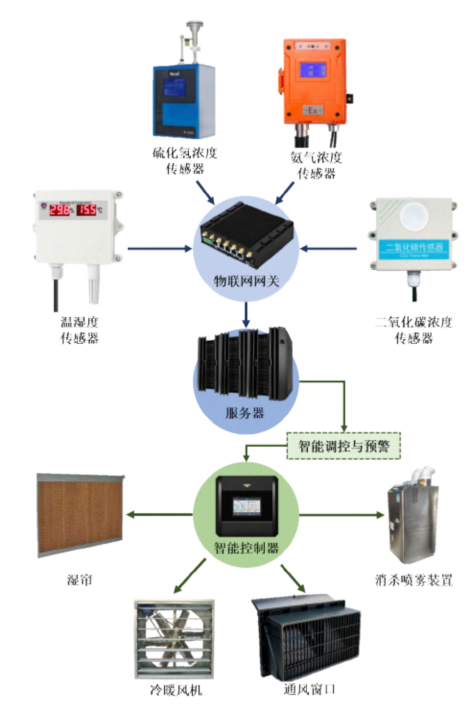


图5 水禽舍智能调控流程

Fig. 5 Intelligent control process of waterfowl house

病死淘汰率。徐敏[16]基于可调谐吸收光谱技术搭建了一套鹅舍NH_3浓度检测系统，发现光谱检测系统的线性误差和重复误差均显著小于电化学检测仪。刘双印等[17]基于主成分分析—支持向量机—融合自回归滑动平均模型预测狮头鹅养殖舍的气温，为水禽舍的气温精准调控提供了决策。上述研究尝试了应用智能模型取代人工调节，但没有对在复杂恶劣环境中的设备进行可靠性与寿命测试。

2.3 智能饲喂设备

水禽智能饲喂设备能够在无人监管的情况下，

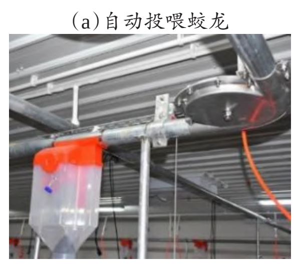
通过计算机视觉、物联网或人工智能等技术对水禽进行大规模和长时间的饲养，同时可附带根据水禽的生理生长需求对水禽进行自动化精准饲喂。典型禽舍智能饲喂设备有自动投喂姣龙、集中配料塔、自动喂食器和自动喂料车等（图6）。目前水禽的自动饲喂主要以自走式料车设备为主，其结构易于使撒料过程均匀，但精细度以及智能化程度较低。水禽智能化精准饲喂装备设计研发与应用正飞速发展，目前已有相关研究成果。张燕军等[18]发明了一种具有精准饲喂以及回收饲料功能的水禽饲喂装置。闻治国等[19]和杨宗武[20]发明了可实现自动送料和饲喂功能的水禽养殖饲喂装置。任文涛等[21]设计了一种稻田开放式的自动化养鸭设备，可满足在稻田中无人值守的条件下实现长时间的全自动化饲喂功能。倪征等[22]设计了一种针对蛋鸭的商业化自动喂料系统，可有效地节约饲料量。



(a)自动投喂蛟龙



(b)集中配料塔



(c)自动喂食器



(d)自动喂料车

图6 水禽自动投喂设备

Fig. 6 Automatic feeding equipment of waterfowl

对于智能化饲喂技术，目前研究还相对薄弱。针对不同生长状况[23]和不同种类[24]的水禽制定特性的饲喂策略是饲喂智能化的核心目的。虽然这个过程很繁琐，但如果水禽的信息采集模型采样不准，可能会造成更差的养殖生产效益。但这种精准化智能化的喂养技术已被证实可提高饲料的转化效率[25]以及产蛋能力[26]。因此，在这个过程中，对于水禽信息采集的准确性要求十分高。料车所附带的巡检功能可在投料的同时近距离采集水禽的准确数据，从而精准地把控采食量[27]，做到“因禽制宜”。

2.4 智能饮水设备

水禽智能饮水设备是在无人监管的情况下，根据水禽的需水量实现自动喂水的装置，常见的饮水器如图7所示。目前养鸭中的饮水设备主要分为封闭式与开放式两种[28]。在开放式饮水设备中，水器易污染，清洁维护麻烦，劳动力强度大，无法提供自动供水功能。封闭式的饮水设备则为乳头饮水器，具有干净以及节省水资源的特点，并可有效制止水禽戏水行为所导致的室内湿度高以及环境易滋生细菌的问题。



(a)真空式饮水器 (b)水槽式饮水器

(c)普拉松饮水器 (d)乳头式饮水器

图7 禽舍饮水器

Fig.7 Waterfowl house drinker

目前的水禽饮水装置较蛋鸡和肉鸡比，自动化程度还较低。王生雨等[29]发明了一种水禽的自动饮水装置，并使用了樱桃谷鸭进行效果验证，在符合鸭的习性的条件下，种鸭25～75周龄存活率为91.8%，实现了一定程度的自动化。孔爱菊等[30]发明了一种稻田鸭舍的无人喂水控制系统，可实现野外喂水系统的自动控制。这种半自动化的非电力式饮水设备已广泛应用于水禽养殖场中。与饲喂装置类似，若结合智能化信息采集技术，可有利于水禽的湿润调节[31]，从而提高水禽福利水平。

2.5 智能加药和消毒设备

水禽舍中的消毒防疫对于阻断病毒细菌外界侵入起到重要作用。图8为三种常见的智能消毒设备。其中图8（a）是针对人员进出的消毒机。在该

装置消毒通道中可对人体进行喷雾消毒。图8（b）为缓释消毒器，该仪器可针对水禽的疾病或待处理的污水，采用溶解法自动缓释所需要的药剂。但通过在水中投药的方式治疗水禽疾病易造成药品浪费[32]。自动加药装置可自动充分搅拌药品，同时可根据水禽的疫病程度，及时调整药物的用量，以避免药物的浪费。目前，新的研究方向是采用药物雾化的方式，将稀释的疫苗雾滴散布于养殖舍中。如图8（c）为喷雾式消毒机器人，水禽通过呼吸道吸入防疫机器人所喷出的药物进入体内，直接给水禽进行免疫，以及可对水禽舍内进行充分地消毒。这种方法具有应激小、免疫快，以及效率高的优点[33]。





(a)禽舍进出口人员消毒机



(b)缓释消毒器



(c)喷雾式防疫消毒机器人[33]

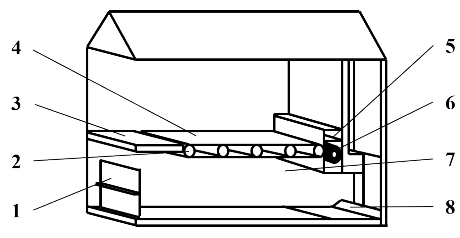
图8　禽舍自动消毒设备

Fig. 8 Automatic disinfection equipment in waterfowl house

2.6 自动粪污处理设备

水禽的自动化清粪工艺是将自动化控制、智能化技术、粪便发酵技术以及水禽养殖技术相结合的工艺模式，使用传送带的方式清理水禽粪便，以取代传统人工清粪困难的问题。

近年来，使用传送带自动化处理粪便的趋势愈来愈明显。于珍珍等[34]研制了一种处理鹅粪的清粪发酵一体设备，如图9（a）所示，该设备通过在鹅舍部署的传送带，将粪便传送集中发酵处理。随着鸭的高架笼养模式的逐渐兴起，在各层笼下布置传送带清粪可实现粪便的不落地与集中处理。图9（b）为立体式笼养鸭粪便传送带，在检测到传送带上堆积了大量的粪便后，传送会开启，并把粪便集中于发酵池中处理，可显著提高鸭舍内的空气质量[35]。



(a)自动清粪发酵一体设备[34]

注：1. 粪污推板；2. 支撑辊；3. 刮粪器；4. 传送带；5. 清洗喷头；6. 清洗辊；7. 粪污秸秆发酵室；8. 升降台



(b)立体式笼养鸭粪便传送带

图9　水禽粪便自动处理设备[35]

Fig. 9 Waterfowl stool automatic treatment equipment

3　水禽生理生长信息采集与智能管理技术

基于物联网的养殖环境参数采集、水禽生理生长信息感知以及水禽数据挖掘是由人工转向网络化、智能化方向升级的关键环节，从而实现规模水禽健康养殖过程的智能化管理。

水禽设备的智能化依附于水禽的智能信息管理系统，该系统承载了水禽生理生长信息的采集以及智能管理技术，包括水禽体重预估、养殖行为监测、健康状态监测以及环控智能分析和决策。由于目前鸭和鹅等水禽信息采集技术的研究数量还较少，因此同时介绍了鸡等其他家禽的研究现状，技术方法相近，可为水禽领域提供参考。

3.1 信息采集技术

在规模化养殖场中，水禽的信息自动采集方式

是智能分析和决策的基础，而感知设备决定了水禽信息的丰富性、有效性以及高效性，感知模型则决定了水禽信息的准确性和智能程度。当前，视觉成像系统[36]、声音捕获系统[37]和穿戴式传感器[38]都是主流的生理生长信息感知手段。

3.1.1　视觉成像系统

视觉成像系统可捕获丰富的家禽图像数据。不同的视觉系统采用不同的原理可采集不同性质的家禽图像。然后通过提取图像中的特征，包括人工提取特征或自动提取特征的方法，结合机器学习模型执行目标任务。

彩色摄像头可实现家禽的点数、行为分析、运动轨迹追踪等功能。Guo等[39]使用彩色摄像头，使用人工神经网络的方法监测地面上的鸡群分布状态；Geffen等[40]和Cao等[41]使用了基于深度学习目标检测网络的方法实现了鸡群的点数；Pereira等[42]使用家禽的彩色图像几何特征与决策树模型检测家禽的行为；Li等使用Faster R-CNN目标检测模型检测家禽的走动[43]与梳羽行为[44]；Zhuang等[45]通过计算机视觉的方式，获取家禽的发病几何特征，再建立支持向量机模型判定家禽是否得病；Wang等[46]基于彩色摄像头，使用混合支撑向量机算法追踪栏位中的家禽数量；Khairunissa等[47]使用多目标追踪和单次多边框检测（Single Shot MultiBox Detector，SSD）目标检测模型追踪彩色摄像头中的家禽。当前基于彩色摄像头采集家禽信息的算法研究较多，但当前研究依然还局限于特定的场景，通用性较差，且运算速度有限，需要对模型参数做进一步的优化与验证。

热红外摄像头可用于抓取家禽的温度矩阵信息，从而进一步实现目标检测、热应激、健康判定以及病残死检测等。由于家禽的温度与养殖场地之间存在较大的温差，可借用这一特点对家禽进行分割。Zaninelli等[48, 49]使用温度阈值法分割热图像中的家禽做多目标检测。也有很多研究人员通过捕获家禽的热红外图像，以获取家禽的体表[50, 51]、脚部[52]、头部[53]和面部[54]等关键部位温度来判断家禽的生理状态或疾病情况。Pereira等[55]使用热红外图像分析了家禽聚集行为的热舒适度指标，从而为热应激的检测提供了技术参考；刘修林等[56]使用红外图像成功观察家禽的发病特征；许志强等[57]利用红外热图像设计了一种检测家禽腿部异常方法。热红外摄像头的缺陷是计算温度的准确性低，若无黑体的存在，测温精度会下降。此外，单用温度指标信息是有限的，若需要具体诊断家禽的疾病，还需结合其他指标综合判断。

三维摄像头可有效抓取家禽的三维图像，从而获得家禽的体积信息。因此，三维摄像往往被用于家禽的估重研究。Mortensen等[58]通过使用三维摄像头获取家禽的三维图片，并通过天龄、2D和3D几何特征实现对家禽进行估重；Liu等[59]开发了在感兴趣区域中对家禽进行尺寸测量的估重方法。家禽不同于其他少毛动物，家禽羽毛的蓬松、体态的变化以及翅膀的张合都会影响估重的结果，而目前大多数研究并没有考虑到这个问题，因此需要进一步结合实际问题建立估重模型。

3.1.2　声音捕获系统

家禽的声音可用作判断它们的健康状态和疾病诊断，通常使用麦克风捕获声音数据。

Rizwan等[60]利用监测到得的家禽声音，开发了一种可区分健康与生病家禽的机器学习模型。Banakar等[61]和Huang等[62]分别对家禽的声音提取了频域特征和梅尔频谱图，使用机器学习模型实现了禽流感诊断；Liu等[63]使用基于隐马尔可夫的声音识别模型识别家禽的咳嗽与打鼾声；秦伏亮等[64]基于音频技术和机器学习模型识别家禽的咳嗽声；Carpentier等[65]开发了一种基于声音的家禽健康检测工具，可用于自动检测家禽打喷嚏行为；Cuan等[66]通过获取的家禽声音，使用卷积神经网络的方式检测禽流感。也有研究者通过监测家禽的声音信息判断它们的福利状态。Du等[67]开发了一种基于机器学习的家禽发声检测算法，并用于评估家禽的热应激状况。

水禽在应用时，可采用相同或相近的算法，重新采集样本训练模型。当前家禽声音捕获系统的研究还处于试验阶段，且研究场景单一。而在实际应用中，禽舍中的噪音会影响采集声音的效果。在众多的家禽群体中寻找出问题声源个体，获取到清晰无噪的声音信息和定位声源个体是目前的难题。

3.1.3 穿戴式传感器

穿戴式传感器通常是以背带的形式或以脚环的形式穿戴于家禽身上。传感器通常具有加速度测量、温度测量以及身份识别功能。通过获取这些信息，可进一步判断家禽的健康状态、福利状态和日常行为等。

Okada等[68]设计了一种轻型的家禽背带式传感器，通过监测家禽的体温和运动状态判断家禽是否感染高致命性流感病毒。但在判断致命性流感时，温度具有一定的滞后性[69]。三轴加速度传感器可有效地监测家禽的日常行为。Banerjee等[70]使用背带式加速度传感器结合神经网络模型实现监测家禽的日常行为；Yang等[71]使用背带式加速度传感器结合机器学习模型成功监测家禽的散步、休息、进食以及饮水等日常行为。

家禽的脚环通常具备基于无线射频识别（Radio Frequency Identification，RFID）技术。在指定的区域内放置RFID信号读卡器，可监测家禽的行为规律。这种方法较多应用于观测家禽的产蛋规律。孙爱东等[72]通过给马岗鹅佩戴脚环，在产蛋箱内放置RFID读卡器，从而获取马岗鹅的个体产蛋规律。李丽华等[73]设计了一种自动集蛋和标记系统，通过给蛋鸭胚带RFID脚环计算进窝时间，从而判断蛋鸭是否产蛋。Zaninelli等[49]则直接使用注入式的RFID传感器，进行产蛋行为监测。

不同于非接触式的采集方法高度依赖模型的精度，接触式传感器利用近距离的优势可获取到更准确的数据。但是，对于大规模的家禽场而言，人工佩戴传感器费时费力，且设备成本高。因此更适合应用于数量较少的养殖场景进行个体监测，或者在大规模的养殖场景中用于监测群体的统计学规律。

3.2 智能管理平台

当前中国水禽精准养殖水平整体粗放，效率偏低，主要存在健康水平较差、死淘率高、遗传生产力发挥水平不高、饲料转化效率低和信息收集效率低下等问题。而通过物联网大数据可驱动开展水禽的福利精准养殖。通过搭建智能管理平台，可全方位地实现水禽精准养殖全面感知信息的传输、入库与处理。

华南农业大学专门为工厂化鸭禽养殖设计的智能水禽大数据平台，包括环境、生长、饲喂等多维度信息的实时监测，并实现了对生产管理数据和智能设备的远程管控，可共享给企业生产管操控的系统（图10）[74]。



图10 智慧水禽大数据平台

Fig.10 Intelligent waterfowl big data platform

系统研发主要包括以下五方面的内容：

（1）水禽养殖数据库构建。依据研究提出的水禽养殖元数据及数据源标准，构建不同品种、不同生理阶段及不同养殖模式的水禽养殖不同维度的信息基础数据库。

（2）水禽精准养殖大数据平台构建。

（3）物联网平台构建，实现水禽养殖信息感知设备与系统集成。

（4）算法平台构建，实现水禽养殖大数据挖掘算法模型与大数据平台的集成。

（5）应用示范。

以上内容分别集成了物联网与大数据接入平台标准、养殖智能感知核心技术、基础信息数据库与大数据平台，为水禽精准、高效养殖提供技术、标准与平台支撑，推动水禽精准养殖与产能提升。

4 水禽智能化养殖面临困难与发展趋势

4.1 存在困难

虽然在水禽的智能化系统管理方面，通过配备自动环控、自动饮水饲喂、自动清粪和自动加药消杀等智能化设备，初步实现了一定程度的集约化与自动化，但仍无法大面积推广。这是因为目前水禽智能化发展还存在以下四方面问题。

（1）针对水禽智能化设备的相关成果较少，且已有的成果结合智能化程度较低。在家禽领域中，当前专门针对水禽的智能化系统与设备的相关研究远落后于鸡等，没有与当前主流和先进的算法技术很好地结合在一起。

（2）建设初期技术、人才学习以及产业转型成本高。水禽养殖环境智能控制系统的建设涉及多学科的融合，无法从原有的养殖技术中进行迁移，因此人才技术培训以及迁移成本高。一般养殖企业无相关人员和技术的储备，现有人员在从传统设备过渡到智能设备的过程中，及时迭代更新操作技术也是当前的困难。同时，目前市场能提供成熟产品和服务的供应商不多，存在一定的风险和门槛，建成后效果难以保证。目前由于大多数水禽舍使用平养或岸边开放式散养模式，若进行激进地改革，会给水禽产业在经济上带来不利的影响。

（3）缺乏统一的标准约束智慧养殖技术规范。水禽智慧装置技术目前暂时没有精细技术标准约束装备的设计规范，或依赖于其他更大范畴的标准，导致市面上的各类水禽养殖装置或系统性能规格高度不统一，或出现根本不是针对水禽养殖的智慧养殖产品。

（4）感知设备的可靠性较低。水禽养殖舍中长期处于高湿、高腐蚀、多毛、多粉尘的状态。感知设备易被腐蚀而缩短使用寿命。同时，感知设备表面和内部易引起羽毛与尘埃的堆积，而导致传感器灵敏度的下降。这对于在水禽养殖舍长期高负荷运转的感知设备是一种挑战。

4.2 改进建议

水禽的集约化养殖是实现水禽智慧养殖的基础，智能化装备以及环境控制系统是实现水禽智能化养殖的核心组件。随着国家对环境保护的重视，以及对水禽大规模高效生产养殖，在逐渐减少的适宜水禽养殖用地上，对于提高单位面积的生产效率迫在眉睫。所以，目前国内需要一种具备绿色、环保、高效以及土地利用率高的新型水禽养殖模式。而随着智慧养殖技术的发展，水禽养殖生产过程中，可通过人工智能、大数据挖掘、智慧感知以及智能设备等技术，可使水禽产业走向智能化与自动化。而5G技术的普及对养殖行业的信息化建设起到了关键作用，对于水禽养殖，相关的技术和装备也将得到极大的发展。对于未来水禽的智能化装备，给出建议如下。

（1）加大针对水禽的智能化装备的研究投入，研发出更适合水禽养殖的智能化养殖装备。当前，智能化设备在其他动物中可比较好地应用，尤其是对猪、鸡、牛的养殖，而针对水禽应用的相关研究目前还较薄弱。许多水禽养殖舍依然在使用养鸡设备。水禽在体型、习性以及生长规律方面都与鸡存在较大的差别，直接使用养鸡的设备会减少水禽的产量，甚至导致水禽死亡。在技术研究方面，将物联网技术与深度学习技术深度融合，进一步优化与完善水禽的信息采集技术。在水禽舍场景下的物联网技术依赖于网络的正确部署、传感器的可靠性以及管理平台的效率性。

（2）水禽环境智能控制系统与智能化设备需要更“接地气”地转型。针对水禽高层笼养舍的设备研发水禽智能装备技术是未来的发展趋势。为了避免过于激进的产业升级转型，需制定符合中国水禽养殖现状的发展战略，在对现有主流水禽舍养殖模

式下的设备进行改造的同时，推进未来水禽产业的设备改革。在设备的研发过程中，需契合当前中国主流的水禽养殖生产模式。同时，发挥科研院校的创新能力与大型养殖企业丰富的生产经验优势，做到产学研结合，建立全新的水禽高层笼养舍示范点，共同推进水禽的智能控制系统和智能设备的改造升级。在水禽智能化设备商业化的过程中，需伴随水禽复合型人才的培养。水禽的智能化养殖是信息化、自动化与畜禽养殖三种专业的结合。高校，尤其是农业院校，应加强复合专业型人才的培养，以组建人才队伍适应未来水禽养殖的智能化产业升级。

（3）针对水禽智能化装置制定技术标准和规范。统一的标准和规范是高校的研究目标和企业组织生产经营的依据。制定标准可保证水禽产品的质量，并提高水禽智能化设备的市场竞争力。

（4）研发针对水禽棚舍的可靠的感知设备。在水禽舍场景下的物联网技术高度依赖于传感器的可靠性。可靠的传感器能提供及时、准确和有效的感知信息，对建立水禽环境与生理生长预警模型起到关键的作用。可着重采用耐腐蚀材料和独特的机械结构减缓腐蚀效果和羽毛与尘埃的堆积。

利益冲突声明：本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献：

[1] 侯水生, 刘灵芝. 2019年水禽产业现状、未来发展趋势与建议[J]. 中国畜牧杂志, 2020, 56(3): 130-135.
HOU S S, LIU L Z. Present situation, future development trend and suggestions of waterfowl industry in 2019[J]. Chinese journal of animal science, 2020, 56(3): 130-135.
[2] 侯水生, 刘灵芝. 2021年水禽产业现状、未来发展趋势与建议[J]. 中国畜牧杂志, 2022, 58(3): 227-231, 238.
HOU S S, LIU L Z. Present situation, future development trend and suggestions of waterfowl industry in 2021[J]. Chinese journal of animal science, 2022, 58(3): 227-231, 238.
[3] 侯水生. 2018年度水禽产业发展现状、未来发展趋势与建议[J]. 中国畜牧杂志, 2019, 55(3): 124-128.
HOU S S. Present situation, future development trend and suggestions of waterfowl industry in 2018[J]. Chinese journal of animal science, 2019, 55(3): 124-128.
[4] 殷若新, 肖玲, 李永刚, 等. 计算机自动控制技术在水禽生产中的应用[J]. 家禽科学, 2021(9): 57-58, 60.
YIN R X, XIAO L, LI Y G, et al. Application of computer automatic control technology in waterfowl production[J]. Poultry science, 2021(9): 57-58, 60.
[5] 侯水生. 2017年水禽产业发展现状、未来发展趋势与建议[J]. 中国畜牧杂志, 2018, 54(3): 144-148.
HOU S S. Present situation, future development trend and suggestions of waterfowl industry in 2017[J]. Chinese journal of animal science, 2018, 54(3): 144-148.
[6] 林勇, 鲍恩财, 叶成智, 等. 层叠式笼养肉鸭舍冬季环境测试及通风窗位置优化模拟[J]. 农业工程学报, 2019, 35(23): 218-225.
LIN Y, BAO E C, YE C Z, et al. Winter environment test and ventilation window location optimization of cascading cage-rearing laying duck house[J]. Transactions of the Chinese society of agricultural engineering, 2019, 35(23): 218-225.
[7] 侯水生, 黄苇, 张林, 等. 我国养鸭业发展现状与问题分析[J]. 中国禽业导刊, 2006, 23(24): 11-13, 1.
HOU S S, HUANG W, ZHANG L, et al. Analysis on the development status and problems of duck industry in China[J]. Guide to Chinese poultry, 2006, 23(24): 11-13, 1.
[8] WOLFERT S, GE L, VERDOUW C, et al. Big data in smart farming—A review[J]. Agricultural systems, 2017, 153: 69-80.
[9] ZHAO Y, ZHAO D, MA H, et al. Environmental assessment of three egg production systems—Part III: Airborne bacteria concentrations and emissions[J]. Poultry science, 2016, 95(7): 1473-1481.
[10] SMITH D, LYLE S, BERRY A, et al. Internet of animal health things (IoAHT) opportunities and challenges[EB/OL]. [2022-05-16]. http://www. doc88. com/p-3592869181367.html.
[11] WANG Y, ZHENG W C, LI B M, et al. A new ventilation system to reduce temperature fluctuations in laying hen housing in continental climate[J]. Biosystems engineering, 2019, 181: 52-62.
[12] 王平, 马俊贵. 畜禽舍环境控制及防疫系统试验[J]. 农业工程, 2014, 4(2): 26-28.
WANG P, MA J G. Environmental control and immunization system for corral[J]. Agricultural engineering, 2014, 4(2): 26-28.
[13] PEREIRA W F, SILVA FONSECA LDA, PUTTI F F, et al. Environmental monitoring in a poultry farm using an instrument developed with the Internet of Things concept[J]. Computers and electronics in agriculture, 2020, 170: ID 105257.
[14] 应诗家, 杨智青, 朱冰, 等. 发酵床垫料翻耙结合网床养殖改善鸭舍空气质量与鸭生产性能[J]. 农业工程学报, 2016, 32(3): 188-194.
YING S J, YANG Z Q, ZHU B, et al. Bio-bedding with automatically running plough system under slatted floor improving air quality of duck house and duck production performances[J]. Transactions of the Chinese society of agricultural engineering, 2016, 32(3): 188-194.
[15] 郭彬彬, 孙爱东, 丁为民, 等. 种鹅舍环境智能监控系统的研制和试验[J]. 农业工程学报, 2017, 33(9): 180-186.
GUO B B, SUN A D, DING W M, et al. Development and experiment of intelligent monitoring system for geese

house environment[J]. Transactions of the Chinese society of agricultural engineering, 2017, 33(9): 180-186.
[16] 徐敏. 樱桃谷肉鸭笼式养殖模式探讨[J]. 农业开发与装备, 2018(7): 233-234.
XU M. Discussion on cage culture mode of cherry valley meat duck[J]. Agricultural development & equipments, 2018(7): 233-234.
[17] 刘双印, 黄建德, 徐龙琴, 等. 基于PCA-SVR-ARMA的狮头鹅养殖禽舍气温组合预测模型[J]. 农业工程学报, 2020, 36(11): 225-233.
LIU S Y, HUANG J D, XU L Q, et al. Combined model for prediction of air temperature in poultry house for lion-head goose breeding based on PCA-SVR-ARMA[J]. Transactions of the Chinese society of agricultural engineering, 2020, 36(11): 225-233.
[18] 张燕军, 聂传斌, 袁金淇, 等. 一种水禽精准饲喂装置及其饲喂方法: CN113273517B[P]. 2022-09-06.
[19] 闻治国, 杨培龙, 牛灿芳, 等. 一种水禽自动饲喂装置: CN206612006U[P]. 2017-11-07.
[20] 杨宗武. 一种节约饲料的大规模水禽养殖用自动饲喂装置: CN109479755A[P]. 2021-03-30.
[21] 任文涛, 王岳, 孔爱菊, 等. 稻田开放式自动化养鸭设备的研制及试验[J]. 农业工程学报, 2016, 32(5): 70-76.
REN W T, WANG Y, KONG A J, et al. Development and experiment of automatic duck feeding device with opening way for paddy[J]. Transactions of the Chinese society of agricultural engineering, 2016, 32(5): 70-76.
[22] 倪征, 陈柳, 云涛, 等. 基于智能环境监测的蛋鸭环保型网床养殖圈舍设计及应用[J]. 中国家禽, 2022, 44(2): 70-76.
NI Z, CHEN L, YUN T, et al. Design and application of environment-friendly netting bed breeding house for laying ducks based on intelligent environmental monitoring[J]. China poultry, 2022, 44(2): 70-76.
[23] SUNG J Y, ADEOLA O. Research Note: Estimation of individual feed intake of broiler chickens in group-housing systems[J]. Poultry science, 2022, 101(4): ID 101752.
[24] ASTILL J, DARA R A, FRASER E D G, et al. Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the Internet of Things[J]. Computers and electronics in agriculture, 2020, 170: ID 105291.
[25] HADINIA S H, CARNEIRO P R O, OUELLETTE C A, et al. Energy partitioning by broiler breeder pullets in skip-a-day and precision feeding systems[J]. Poultry science, 2018, 97(12): 4279-4289.
[26] ZUIDHOF M J. Lifetime productivity of conventionally and precision-fed broiler breeders[J]. Poultry science, 2018, 97(11): 3921-3937.
[27] XIN H W, LIU K. Precision livestock farming in egg production[J]. Animal frontiers, 2017, 7(1): 24-31.
[28] 王波, 袁建敏. 鸭饮水习性及饮水用具研究进展[J]. 水禽世界, 2010(2): 41-43.
WANG B, YUAN J M. Research progress on drinking habits and drinking utensils of ducks[J]. Waterfowl world, 2010(2): 41-43.
[29] 王生雨, 程好良, 王爱琴, 等. 水禽自动饮水装置研制与应用效果试验[J]. 农业工程学报, 2013, 29(13): 54-59.
WANG S Y, CHENG H L, WANG A Q, et al. Development and experiment on application effects of automatic drinking device for waterfowl[J]. Transactions of the Chinese society of agricultural engineering, 2013, 29(13): 54-59.
[30] 孔爱菊, 邬立岩, 宋玉秋, 等. 稻田鸭舍喂水控制系统设计[J]. 沈阳农业大学学报, 2015, 46(5): 618-623.
KONG A J, WU L Y, SONG Y Q, et al. Design of water supplying control system for duck shed in paddy field[J]. Journal of Shenyang agricultural university, 2015, 46(5): 618-623.
[31] MAKAGON M M, RIBER A B. Setting research driven duck-welfare standards: A systematic review of Pekin duck welfare research[J]. Poultry science, 2022, 101(3): ID 101614.
[32] 杨环. 畜禽养殖环境调控与智能养殖装备技术研究[J]. 畜禽业, 2022, 33(2): 74-76.
YANG H. Study on regulation of livestock and poultry breeding environment and intelligent breeding equipment technology[J]. Livestock and poultry industry, 2022, 33(2): 74-76.
[33] 冯青春, 王秀, 邱权, 等. 畜禽舍防疫消毒机器人设计与试验[J]. 智慧农业(中英文), 2020, 2(4): 79-88.
FENG Q C, WANG X, QIU Q, et al. Design and test of disinfection robot for livestock and poultry house[J]. Smart agriculture, 2020, 2(4): 79-88.
[34] 于珍珍, 王宏轩, 马国庆, 等. 畜禽舍自动清粪发酵一体化设备的研制与应用[J]. 中国家禽, 2021, 43(9): 65-71.
YU Z Z, WANG H X, MA G Q, et al. Design and application of integrated equipment for automatic manure cleaning and fermentation in livestock and poultry house[J]. China poultry, 2021, 43(9): 65-71.
[35] 李明阳, 应诗家, 戴子淳, 等. 新型肉鸭养殖模式生产性能及经济效益对比分析[J]. 中国家禽, 2020, 42(4): 80-85.
LI M Y, YING S J, DAI Z C, et al. Comparative analysis of production performance and economic benefits of new meat duck production systems in China[J]. China poultry, 2020, 42(4): 80-85.
[36] AZIZ N S NABD, MOHD DAUD S, DZIYAUDDIN R A, et al. A review on computer vision technology for monitoring poultry farm—Application, hardware, and software[J]. IEEE access, 2020, 9: 12431-12445.
[37] MANTEUFFEL G, PUPPE B, SCHÖN P C. Vocalization of farm animals as a measure of welfare[J]. Applied animal behaviour science, 2004, 88(1/2): 163-182.
[38] NEETHIRAJAN S. Recent advances in wearable sensors for animal health management[J]. Sensing and bio-sensing research, 2017, 12: 15-29.
[39] GUO Y Y, CHAI L L, AGGREY S E, et al. A machine vision-based method for monitoring broiler chicken floor distribution[J]. Sensors, 2020, 20(11): ID 3179.
[40] GEFFEN O, YITZHAKY Y, BARCHILON N, et al. A machine vision system to detect and count laying hens in battery cages[J]. Animal, 2020, 14(12): 2628-2634.
[41] CAO L B, XIAO Z H, LIAO X H, et al. Automated chicken counting in surveillance camera environments based on

the point supervision algorithm: LC-DenseFCN[J]. Agriculture, 2021, 11: ID 493.
[42] PEREIRA D F, MIYAMOTO B C B, MAIA G D N, et al. Machine vision to identify broiler breeder behavior[J]. Computers and electronics in agriculture, 2013, 99: 194-199.
[43] LI G M, HUI X, CHEN Z Q, et al. Development and evaluation of a method to detect broilers continuously walking around feeder as an indication of restricted feeding behaviors[J]. Computers and electronics in agriculture, 2021, 181: ID 105982.
[44] LI G M, HUI X, LIN F, et al. Developing and evaluating poultry preening behavior detectors via mask region-based convolutional neural network[J]. Animals: An open access journal from MDPI, 2020, 10(10): ID 1762.
[45] ZHUANG X L, BI M N, GUO J L, et al. Development of an early warning algorithm to detect sick broilers[J]. Computers and electronics in agriculture, 2018, 144: 102-113.
[46] WANG C, CHEN H Q, ZHANG X B, et al. Evaluation of a laying-hen tracking algorithm based on a hybrid support vector machine[J]. Journal of animal science and biotechnology, 2016, 7: ID 60.
[47] KHAIRUNISSA J, WAHJUNI S, SOESANTO I R H, et al. Detecting poultry movement for poultry behavioral analysis using the multi-object tracking (MOT) algorithm[C]// 2021 8th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE). Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2021: 265-268.
[48] ZANINELLI M, REDAELLI V, TIRLONI E, et al. First results of a detection sensor for the monitoring of laying hens reared in a commercial organic egg production farm based on the use of infrared technology[J]. Sensors, 2016, 16(10): ID 1757.
[49] ZANINELLI M, ROSSI L, COSTA A, et al. Performance of injected RFID transponders to collect data about laying performance and behaviour of hens[J]. Large Animal Review, 2016, 22(2): 77-82.
[50] FERREIRA V, FRANCISCO N, BELLONI M, et al. Infrared thermography applied to the evaluation of metabolic heat loss of chicks fed with different energy densities[J]. Revista brasileira de ciência avícola, 2011, 13(2): 113-118.
[51] 沈明霞, 陆鹏宇, 刘龙申, 等. 基于红外热成像的白羽肉鸡体温检测方法[J]. 农业机械学报, 2019, 50(10): 222-229.
SHEN M X, LU P Y, LIU L S, et al. Body temperature detection method of ross broiler based on infrared thermography[J]. Transactions of the Chinese society for agricultural machinery, 2019, 50(10): 222-229.
[52] JACOB F, BARACHO M, NÄÄS I A, et al. The use of infrared thermography in the identification of pododermatitis in broilers[J]. Journal of the brazilian association of agricultural engineering, 2016, 36: 253-259.
[53] XIONG X G, LU M Z, YANG W Z, et al. An automatic head surface temperature extraction method for top-view thermal image with individual broiler[J]. Sensors, 2019, 19(23): ID 5286.
[54] KIM N Y, KIM S J, OH M, et al. Changes in facial surface temperature of laying hens under different thermal conditions[J]. Animal bioscience, 2021, 34(7): 1235-1242.
[55] PEREIRA D F, LOPES F A A, ALMEIDA GABRIEL FILHO L R, et al. Cluster index for estimating thermal poultry stress (gallus gallus domesticus) [J]. Computers and electronics in agriculture, 2020, 177: ID 105704.
[56] 刘修林, 王福杰, 刘烨红, 等. 病理与健康蛋鸡体表温度的对比研究[J]. 中国家禽, 2017, 39(2): 53-56.
LIU X L, WANG F J, LIU Y H, et al. Comparative study on body surface temperature of pathological and healthy laying hens[J]. China poultry, 2017, 39(2): 53-56.
[57] 许志强, 沈明霞, 刘龙申, 等. 基于红外热图像的肉鸡腿部异常检测方法[J]. 南京农业大学学报, 2021, 44(2): 384-393.
XU Z Q, SHEN M X, LIU L S, et al. Abnormal recognition method of broiler leg based on infrared thermal image[J]. Journal of Nanjing agricultural university, 2021, 44 (2): 384-393.
[58] MORTENSEN A K, LISOUSKI P, AHRENDT P. Weight prediction of broiler chickens using 3D computer vision[J]. Computers and electronics in agriculture, 2016, 123: 319-326.
[59] LIU D, VRANKEN E, VAN DEN BERG G, et al. Separate weighing of male and female broiler breeders by electronic platform weigher using camera technologies[J]. Computers and electronics in agriculture, 2021, 182: ID 106009.
[60] RIZWAN M, CARROLL B T, ANDERSON D V, et al. Identifying rale sounds in chickens using audio signals for early disease detection in poultry[C] // 2016 IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP). Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2017: 55-59.
[61] BANAKAR A, SADEGHI M, SHUSHTARI A. An intelligent device for diagnosing avian diseases: Newcastle, infectious bronchitis, avian influenza[J]. Computers and electronics in agriculture, 2016, 127: 744-753.
[62] HUANG J D, WANG W Q, ZHANG T M. Method for detecting avian influenza disease of chickens based on sound analysis[J]. Biosystems engineering, 2019, 180: 16-24.
[63] LIU L S, LI B, ZHAO R Q, et al. A novel method for broiler abnormal sound detection using WMFCC and HMM[J]. Journal of sensors, 2020, 2020: 1-7.
[64] 秦伏亮, 沈明霞, 刘龙申, 等. 基于音频技术的白羽肉鸡咳嗽识别算法研究[J]. 南京农业大学学报, 2020, 43(2): 372-378.
QIN F L, SHEN M X, LIU L S, et al. Study on recognition algorithm of white feather broiler cough based on audio technology[J]. Journal of Nanjing agricultural university, 2020, 43(2): 372-378.
[65] CARPENTIER L, VRANKEN E, BERCKMANS D, et al. Development of sound-based poultry health monitoring tool for automated sneeze detection[J]. Computers and electronics in agriculture, 2019, 162: 573-581.
[66] CUAN K X, ZHANG T M, HUANG J D, et al. Detection of avian influenza-infected chickens based on a chicken sound convolutional neural network[J]. Computers and

electronics in agriculture, 2020, 178: ID 105688.
[67] DU X D, CARPENTIER L, TENG G H, et al. Assessment of laying hens' thermal comfort using sound technology[J]. Sensors, 2020, 20(2): ID 473.
[68] OKADA H, ITOH T, SUZUKI K, et al. Wireless sensor system for detection of avian influenza outbreak farms at an early stage[C]// Sensors, 2009 IEEE. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2010: 1374-1377.
[69] OKADA H, SUZUKI K, KENJI T, et al. Applicability of wireless activity sensor network to avian influenza monitoring system in poultry farms[J]. Journal of sensor technology, 2014, 4(1): 18-23.
[70] BANERJEE D, BISWAS S, DAIGLE C, et al. Remote activity classification of hens using wireless body mounted sensors[C]// Proceedings of the 2012 Ninth International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks. New York, USA: ACM, 2012: 107-112.
[71] YANG X, ZHAO Y, STREET G M, et al. Classification of broiler behaviours using triaxial accelerometer and machine learning[J]. Animal: An international journal of animal bioscience, 2021, 15(7): ID 100269.
[72] 孙爱东, 秦清明, 尹令, 等. 马岗鹅个体产蛋行为规律的监控记录与分析[J]. 中国家禽, 2015, 37(21): 64-67.
SUN A D, QIN Q M, YIN L, et al. Monitoring record and analysis of individual egg laying behavior law of Magang goose[J]. China poultry, 2015, 37(21): 64-67.
[73] 李丽华, 李久熙, 于尧, 等. 一种笼养蛋鸭育种信息自动采集和标记装置: CN205962312U[P]. 2017-02-22.
[74] 肖德琴, 谭祖杰. 智慧水禽服务平台: 2022SR0345938[P]. 2021-12-01.

Status Quo of Waterfowl Intelligent Farming Research Review and Development Trend Analysis

LIU Youfu[1], XIAO Deqin[1*], ZHOU Jiaxin[1], BIAN Zhiyi[1], ZHAO Shengqiu[1], HUANG Yigui[1], WANG Wence

(1. *College of Mathematics and Informatics*, *South China Agricultural University*, *Guangzhou* 510642, *China*;
2. *College of Animal Science*, *South China Agricultural University*, *Guangzhou* 510642, *China*)

Abstract: Waterfowl farming in China is developing rapidly in the direction of large-scale, standardization and intelligence. The research and application of intelligent farming equipment and information technology is the key to promote the healthy and sustainable development of waterfowl farming, which is important to improve the output efficiency of waterfowl farming, reduce the reliance on labor in the production process, fit the development concept of green and environmental protection and achieve high-quality transformational development. In this paper, the latest research and inventions of intelligent waterfowl equipment, waterfowl shed environment intelligent control technology and intelligent waterfowl feeding, drinking water, dosing and disinfection and automatic manure treatment equipment were introduced. At present, compared to pigs, chickens and cattle, the intelligent equipment of waterfowl are still relatively backward. Most waterfowl houses are equipped with chicken equipment directly, lacking improvements for waterfowl. Moreover, the linkage between the equipment is poor and not integrated with the breeding mode and shed structure of waterfowl, resulting in low utilization. Therefore, there is a need to develop and improve equipment for the physiological growth characteristics of waterfowl from the perspective of their breeding welfare. In addition, the latest research advances in the application of real-time production information collection and intelligent management technologies were present. The information collection technologies included visual imaging technology, sound capture systems, and wearable sensors were present. Since the researches of ducks and geese is few, the research of poultry field, which can provide a reference for the waterfowl were also summarized. The research of information perception and processing of waterfowl is currently in its initial stage. Information collection techniques need to be further tailored to the physiological growth characteristics of waterfowl, and better deep learning models need to be established. The waterfowl management platform, taking the intelligent management platform developed by South China Agricultural University as an example were also described. Finally, the intelligent application of the waterfowl industry was pointed out, and the future trends of intelligent farming with the development of mechanized and intelligent equipment for waterfowl in China to improve the recommendations were analyzed. The current waterfowl farming is in urgent need of intelligent equipment reform and upgrading of the industry for support. In the future, intelligent equipment for waterfowl, information perception methods and control platforms are in urgent to be developed. When upgrading the industry, it is necessary to develop a development strategy that fits the current waterfowl farming model in China.

Key words: smart breeding; waterfowl farming; intelligent equipment; information collection techniques; intelligent management platform; vision imaging; wearable sensor